



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenl gungsschrift**
⑩ **DE 198 08 264 A 1**

②1 Aktenzeichen: 198 08 264.9
②2 Anmeldetag: 27. 2. 98
④3 Offenlegungstag: 5. 11. 98

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 02 B 27/22
G 03 B 35/26
G 03 B 35/20
G 03 C 9/06
H 04 N 9/31
H 04 N 15/00

DE 198 08 264 A 1

⑥6 Innere Priorität:
197 18 301. 8 30. 04. 97

⑦1 Anmelder:
Jorke, Helmut, Dipl.-Phys., 89547 Gerstetten, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 3D Laserprojektionsverfahren mit hohem Bildkontrast

⑤7 Es wird ein stereoskopisches Laserprojektionsverfahren beschrieben, bei dem die aus je drei Linien bestehenden Spektren der Halbbilder einen charakteristischen Versatz aufweisen. Durch die hohe Spektraleinheit der Laser und die hohe Trennschärfe von dielektrischen Interferenzfiltern - durch die ein Betrachter die beiden Halbbilder separat wahrnehmen kann - tritt auch bei geringem Versatz der Spektren kein Übersprechen auf. Der daraus resultierende Vorteil besteht in einer identischen Farbrezeptor-Erregung im rechten und linken Auge mit der Folge einer farbidentischen Wahrnehmung der beiden Halbbilder. Die Schmalbandigkeit der dielektrischen Interferenzfilter führt außerdem zu einem Ausfiltern nahezu sämtlicher Spektralanteile des Tageslichts und ermöglicht so Tageslichtprojektionen mit annähernd ungemindertem Bildkontrast. Schließlich wird durch eine Strahlvereinigung der beiden Halbbilder über einen dichroitischen Spiegel mit Mehrfachbandpaß-Charakteristik eine verzerrungsfreie Abbildung der Halbbilder auf der Projektionsfläche möglich.

DE 198 08 264 A 1

Die Erfindung betrifft ein stereoskopisches Laserprojektionsverfahren mit auch bei Tageslichtprojektion hohem Bildkontrast nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In Kommunikationssystemen werden visuelle Informationen gegenwärtig in der Regel über 2D Displays (Elektrodenstrahlröhre, Liquid Crystal Display (LCD), LCD Projektion) vermittelt. Solche Displays können beim Betrachter keinen räumlichen Eindruck der dargestellten Objekte erzeugen. 3D Displays hingegen, wofür es verschiedene technische Ansätze gibt, vermitteln einen zusätzlichen Tiefeneindruck und lassen die dargestellten Objekte plastisch erscheinen. 3D Displays spielen daher gegenwärtig dort eine Rolle, wo es auf möglichst realistische Wiedergabe ankommt, wie beispielsweise in VR (virtual reality) Systemen. Zukünftige Anwendungen für 3D Displays sind weitgestreut und erfassen professionelle Bereiche der Computertechnik (virtuelle Lernwelten, CAD) wie auch den gesamten Konsumentenbereich (Unterhaltungselektronik, Multimedia).

Die technischen Lösungsansätze für 3D Displays reichen vom stereoskopischen Ansatz, bei dem zwei Halbbilder erzeugt werden, die über verschiedene Bildtrennverfahren dem jeweiligen Auge zugeführt werden, über autostereoskopische Verfahren, volumetrische Bildwiedergabe bis hin zur Holographie. Die technischen Anforderungen in Bezug auf die erforderlichen, gegenüber 2D Displays generell gesteigerten Datenübertragungsraten sind dabei sehr unterschiedlich. Bei den stereoskopischen Verfahren können diese Probleme als gelöst betrachtet werden. Hier wird gegenüber den 2D Displays lediglich ein Zuwachs in den Übertragungsraten um den Faktor zwei notwendig. Durch Kompressionsverfahren wird dieser Faktor noch reduziert. Sämtliche nicht-stereoskopischen 3D Verfahren erfordern hingegen wesentlich höhere Übertragungsraten. Trotz Datenkompression werden auf absehbare Zeit abgesehen von noch anderen, gegenwärtig technisch noch nicht gelösten Problemen, so hohe Übertragungsraten auf grundsätzliche Schwierigkeiten stoßen.

Bei der Stereoprojektion als einem Teilgebiet der Stereoskopie werden die beiden für plastisches Sehen erforderlichen Halbbilder übereinander auf einen Schirm projiziert. Über unterschiedliche Bildtrennverfahren wird erreicht, daß das linke Auge nur das linke Halbbild und das rechte Auge nur das rechte Halbbild wahrnimmt. In der Literatur beschriebene Bildtrennverfahren (K. Mütze et al., ABC der Optik, Verlag Werner Dausien, 1961, Seiten 135 bis 138; Brockhaus, Enzyklopädie in 24 Bänden, F.A. Brockhaus, Mannheim, 1994) sind:

die Aufteilung des Lichts mit komplementär gefärbten Filtern (Koppelfarbenverfahren, Anaglyphenverfahren),

die Zuordnung der Bilder durch zeitliche Aufeinanderfolge der Halbbilder (Zeitmultiplex-Verfahren),

das Verfahren mit gekreuzten Polarisationsfiltern.

Beim Koppelfarbenverfahren werden komplementärgefärbte Filter für das linke und rechte Halbbild verwendet. Vorteil des Verfahrens sind die Verwendbarkeit jeder Projektionsfläche. Nachteilig ist, daß eine Wiedergabe farbiger Filme nicht möglich ist (ABC der Optik, a.a.O., Seite 137). Außerdem läßt die chromatische Aberration die verschieden gefärbten Bilder in unterschiedlicher Entfernung erscheinen (ABC der Optik, a.a.O., Seite 137). Eine Verbesserung in der Farbwiedergabe wurde 1935 von Lumiere dadurch erzielt, daß er Filter mit zwei Farbstoffen verwendete (ABC der Optik, a.a.O., Seite 137). Da die Erzeugung eines belie-

bigen Farbeindrucks die Verwendung dreier Grundfarben (Blau, Grün und Rot entsprechend den drei Farbrezeptoren des menschlichen Auges, siehe z. B. Linder, Biologie, J.B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1989, Seite 226) zur Voraussetzung hat, ist mit diesem 2-Farbenverfahren eine farbtreue Bildwiedergabe nicht uneingeschränkt möglich. Außerdem ergeben sich Schwierigkeiten mit der Bildhelligkeit (ABC der Optik, a.a.O., Seite 137).

In einer jüngeren Druckschrift (JP Patent Abstracts of Japan: 1-116521 A, P-915, Aug. 10, 1989, Vol. 13, No. 357) wird ein verwandtes Stereoprojektionsverfahren vorgestellt, das ebenfalls mehrfarbige Halbbilder ermöglicht. Bei diesem Verfahren werden aus den Emissionsspektren von Temperaturstrahlern in zu dem Verfahren nach Lumiere ähnlicher Weise mehrere Wellenlängenbereiche (Bänder) herausgefiltert. Jedes Halbbild setzt sich spektral aus drei Bändern zusammen, wobei die entsprechenden Bänder des rechten und linken Halbbildes sich nicht überlagern. Beispielsweise entsprechen die Bänder des linken Auges den Farbeindrücken violett-blau-grün-orange und die des rechten Auges den Farbeindrücken blau-grün-rot. Die Bildtrennung erfolgt durch Bandpassfilter, die Bandpassfilter der beiden Halbbilder. Wegen der geringen spektralen Leistungsdichte von Temperaturstrahlern besteht auch bei diesem Verfahren die Notwendigkeit der Verwendung breiter Bänder. Eine ehe Bandbreite hat aber den Nachteil, daß die beiden Halbbilder nicht farbidentisch wahrgenommen werden können. Die physiologische Ursache dafür liegt in dem Umstand, daß mit breiten (sich nicht überlagernden) Bändern eine identische Erregung der Farbrezeptoren des Auges nicht möglich ist. In dem obigen Beispiel erscheint ein roter Gegenstand rot im rechten Halbbild, während er im linken Halbbild orangefarben erscheint, weil das entsprechende Band des linken Halbbildes verstärkt auch Grünrezeptoren erregt. Eine Verbesserung der Farbidentität der Halbbilder setzt andererseits notwendig eine Verringerung der Bandbreiten voraus. Der Preis dafür ist allerdings eine Abnahme der Bildhelligkeit (wie auch in dem obengenannten Verfahren nach Lumiere).

Ein neueres Verfahren, das insbesondere in VR (virtual reality) Systemen Eingang gefunden hat, beruht auf einem Zeitmultiplex-Prinzip (Stichwort "Shutterbrille"). Das linke und das rechte Halbbild werden abwechselnd auf einem 2D-Display erzeugt und von einem Betrachter durch eine Brille betrachtet, die im gleichen Takt (elektronisch über ein LCD) die Durchsicht für das rechte und linke Auge öffnet und schließt. Diese aktive System muß (im Gegensatz etwa zu dem vorstehenden Filterverfahren) mit einer Leistungsverorgung ausgestattet sein, die entweder einen Kabelanschluß oder den Einbau (und die spätere Entsorgung) einer Batterie bedingt.

Gegenüber den vorstehenden Verfahren besitzt das Verfahren der gekreuzten Polarisationsfilter den Vorteil der uneingeschränkten Farbwiedergabe sowie den Vorteil eines geringen Aufwands. Es ist daher das heute gebräuchlichste Stereoprojektionsverfahren (G. Kuhn, Stereofotografie und Raumbildprojektion, vtv Verlag, Gilching, 1992; L.H. Bräutigam, Stereofotografie, Wittig Verlag, Hückelhofen, 1996). Nachteilig ist die Notwendigkeit einer metallischen Projektionswand, die die Polarisation des Lichts bei Reflexion nicht zerstört. Wegen des reflektierenden Charakters einer solchen Projektionswand tritt ein deutlicher Lichtabfall mit wachsender seitlicher Beobachtungsposition auf (Stereofotografie und Raumbildprojektion, a.a.O., Seite 109). Außerdem ist ein Winkel von mehr als 300 zum Zentralstrahl der Projektion nicht mehr zuzulassen, da auch die Bildtrennung sich verschlechtert (Stereofotografie und Raumbildprojektion, a.a.O., Seite 109). Weiterhin darf der

Beobachter seinen Kopf nicht zur Seite neigen, weil sich dadurch ebenfalls die Bildtrennung verschlechtert (Stereofotografie und Raumbildprojektion, a.a.O., Seite 107).

Eine andere Weiterentwicklung auf dem Gebiet der 2D Displays stellen die Laserprojektionssysteme dar, wobei hier insbesondere die Laser-Display-Technologie anzuführen ist (C. Deter, Laser-Display-Technologie - wo stehen wir?, Phys. Bl. 52, 11, 1129 (1996)). Das letztgenannte Verfahren wurde in den vergangenen Jahren bis an die Schwelle seiner Einführung in den professionellen Anwenderbereich entwickelt. Dieser Fortschritt wurde maßgeblich getragen durch eine fortwährende Weiterentwicklung in der Lasertechnik, die mittlerweile in den Festkörperlaser und teilweise auch in den Halbleiter-Laserdioden preiswerte und gleichzeitig intensive Strahlungsquellen zur Verfügung stellt.

Welche Vorzüge weist die Laser-Display-Technologie gegenüber anderen 2D Display-Verfahren auf? Hier ist in erster Linie die mit anderen Verfahren unerreichbar hohe Farbsättigung zu nennen, die aus der Spektralreinheit der verwendeten drei Laser-Lichtquellen folgt. Dadurch kann im Farbraum ein größerer Bereich überstrichen werden mit dem Ergebnis farblich brillanter Bilder. Die Farbsättigung reicht an die des Silberhalogenid-Films heran oder übertrifft sie sogar (Stichwort "elektronisches Kino"). Ein weiterer Vorteil besteht in der Realisierbarkeit von Displays die deutlich größer sind als die der heute gebräuchlichen Elektronenstrahlröhren, deren Größe aus physikalisch-technischen Gründen nicht mehr wesentlich weiter gesteigert werden kann. Eine Schwierigkeit hingegen besteht in der Erfordernis hoher Laser-Ausgangsleistungen insbesondere bei Tageslichtprojektion. Da die Projektionsfläche ein hohes Reflexionsvermögen aufweisen sollte, wird auch Tageslicht stark reflektiert, was sich nachteilig auf den Bildkontrast auswirkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Laserprojektionsverfahren anzugeben, das eine 3D Bildwiedergabe gestattet und das auch bei Tageslichtprojektion einen hohen Bildkontrast liefert.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Weiterbildungen und/oder Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung ermöglicht 3D Farb-Displays mit einem für Laserprojektionsverfahren charakteristisch hohen Farbsättigungsgrad. Ein weiterer Vorteil ist der auch bei Tageslichtprojektion erzielbare hohe Bildkontrast, der auch dann erhalten bleibt, wenn mit dem Verfahren konventionelle 2D Displays erzeugt werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von vier Ausführungsbeispielen beschrieben unter Bezugnahme auf schematische Zeichnungen.

Fig. 1 zeigt ein Stereoprojektionssystem bestehend aus zwei Halbbildprojektoren mit den Lasern B1, G1, R1, B2, G2, R2 deren Spektren in **Fig. 2a** wiedergegeben sind. Die Wellenlängen von B1 und B2 liegen im Bereich für dominante Erregung der Blaurezeptoren im menschlichen Auge. Die Wellenlängen von G1 und G2 liegen im Bereich für dominante Erregung der Grünrezeptoren. Die Linien von R1 und R2 liegen im Bereich für dominante Erregung der Rotrezeptoren. Das von B1, G1 und R1 emittierte Licht wird über dichroitische Spiegel oder über ein Dispersionsprisma zu einem Strahl vereinigt. In gleicher Weise wird das von B2, G2 und R2 emittierte Licht zu einem Strahl vereinigt. Nach einer anschließenden Strahlaufweitung und Strahlfokussierung auf die Objektivebene werden die beiden Strahlen durch die Bildvorlagen MF1 und MF2 geleitet, die das linke und rechte Halbbild erzeugen, indem sie die Laser-

strahlen räumlich modulieren. Diese Modulatoren bestehen beispielsweise aus einem Farbumkehrfilm oder aus Farb-LCD Panels. Die weitere Abbildung auf eine Projektionsfläche erfolgt über Objektive in deren Gegenstandsebene die Modulatoren MF1 und MF2 liegen.

Die Bildtrennung seitens eines Betrachters geschieht mit dielektrischen Interferenzfiltern, die vor das linke und rechte Auge gebracht werden. **Fig. 2b** und **2c** zeigen Transmissionskurven von Metall-Dielektrik-Interferenzfiltern mit jeweils geringfügig unterschiedlicher Cavity-Weite. Fallen wie in **Fig. 2** die Laserwellenlängen mit den Transmissionsmaxima zusammen, dann können mit Hilfe der Filter die beiden Halbbilder separat wahrgenommen werden. Durch die hohe Trennschärfe der Interferenzfilter können die entsprechenden Wellenlängen der Laser für die beiden Halbbilder nahe benachbart gewählt werden, ohne daß ein nachteiliges Übersprechen eintritt. Bei einer hinreichenden Annäherung findet eine identische Farbrezeptorerregung im linken und rechten Auge eines Betrachters statt, wodurch eine farbidentliche Wiedergabe der beiden Halbbilder möglich wird. Außerdem werden Spektralanteile des Tageslichts die außerhalb der engen Transmissionsbereiche der Interferenzfilter liegen, ausgefiltert. Dadurch wird auch bei Tageslichtprojektion eine anderweitig störende Abschwächung des Bildkontrastes vermieden.

Ein zweites Ausführungsbeispiel ist in **Fig. 3** schematisch wiedergegeben. Nach einer Strahl-Vereinigung, Aufweitung und Fokussierung wie im Ausführungsbeispiel 1 werden die von den Lasern B1, G1, R1, B2, G2, R2 emittierten Lichtstrahlen durch die Modulatoren MF1 und MF2 der beiden Halbbilder geleitet. Danach erfolgt eine weitere Strahlvereinigung über einen dichroitischen Spiegel DCM der eine Mehrfachbandpaß-Charakteristik aufweist (**Fig. 4**). Die aufsteigenden Flanken dieses Spiegels liegen zwischen B1 und B2, zwischen G1 und G2 sowie zwischen R1 und R2. Die abfallenden Flanken liegen zwischen B2 und G1 sowie zwischen G2 und R1. Die weitere Abbildung auf eine Projektionsfläche erfolgt über ein Objektiv in dessen Gegenstandsebene die Modulatoren MF1 (bzw. dessen Spiegelbild) und MF2 liegen (**Fig. 3b**). Die Abbildung über ein gemeinsames Objektiv ermöglicht zusätzlich eine konvergente, verzerrungsfreie Wiedergabe der Halbbilder. Die Bildtrennung seitens eines Betrachters erfolgt wie im vorherigen Ausführungsbeispiel.

Ein drittes Ausführungsbeispiel ist in **Fig. 5** schematisch wiedergegeben. Nach einer Strahl-Aufweitung und Fokussierung wie in den vorherigen Ausführungsbeispielen werden die von den Lasern B1, G1, R1, B2, G2, R2 emittierten Lichtstrahlen separat räumlich moduliert. Die Modulatoren MB1, MG1 und MR1 erzeugen das linke Halbbild. Die Modulatoren MB2, MG2, MR2 erzeugen das rechte Halbbild. Die Modulatoren können beispielsweise aus monochromen LCD Panels bestehen. Nach ihrer Modulation werden die Lichtstrahlen über konventionelle dichroitische Spiegel DCG und DCR und einen dichroitischen Spiegel DCM mit Mehrfachbandpaß-Charakteristik wie im Ausführungsbeispiel 2 vereinigt (s. **Fig. 4**). Die dichroitischen Spiegel DCG und DCR reflektieren jeweils selektiv die grünen Wellenlängen G1 und G2 sowie die roten Wellenlängen R1 und R2. Die Modulatoren MB1, MG1, MR1, MB2, MG2, MR2 sind so angeordnet, daß sie (bzw. ihre Spiegelbilder) in der Gegenstandsebene eines Objektivs liegen (**Fig. 5b**), das die Halbbilder auf einer Projektionsfläche zur Abbildung bringt. Die Bildtrennung seitens eines Betrachters erfolgt wie in den vorherigen Ausführungsbeispielen.

Ein viertes Ausführungsbeispiel ist in **Fig. 6** schematisch wiedergegeben. Nach einer zeitlichen Modulation, beispielsweise über elektrooptische Modulatoren oder über

eine direkte Modulation der Laser-Ausgangsleistung, werden die Lichtstrahlen der Laser B1, G1, R1, B2, G2, R2 vereinigt. Dies kann, wie in Fig. 6b gezeigt, über eine Kombination konventioneller dichroitischer Spiegel DCG und DCR und eines dichroitischen Spiegels DCM mit Mehrfachbandpaß-Charakteristik erfolgen (s. Fig. 4). Eine Strahlvereinigung kann in diesem Ausführungsbeispiel auch durch ein Dispersionsprisma erzielt werden (Fig. 6c). Die vereinigten Strahlen werden einer Scannereinheit zugeführt, die über eine x,y-Ablenkung die Halbbilder auf einer Projektionsfläche aufbaut. Die Scannereinheit kann aus einer Kombination von rotatorischem Polygonscanner für die Zeilenablenkung und Galvanometerscanner für die Vertikalablenkung bestehen. Eine andere Realisierung ist der Microscanner, der die Technologien der Mikrosystemtechnik nutzt. Die Bildtrennung seitens eines Betrachters erfolgt wie in den vorherigen Ausführungsbeispielen.

Die Erfindung ist nicht auf die angegebenen Ausführungsbeispiele begrenzt. Insbesondere können auch andere Techniken der räumlichen und der zeitlichen Modulation der Laserstrahlen verwendet werden. Ferner können die Halbbilder auch identisch gewählt werden. In diesem Fall liefert das Verfahren 2D Bilder mit hohem Bildkontrast auch bei Tageslichtprojektion. Durch einen horizontalen Versatz der beiden Halbbilder kann ein virtuelles 2D Display erzeugt werden, das einem Betrachter größer oder kleiner als die auf der Projektionsfläche real erzeugten Halbbilder erscheint.

Patentansprüche

1. Stereoskopisches Laserprojektionsverfahren, dadurch gekennzeichnet,

daß jedes Halbbild sich spektral aus drei unterschiedlichen Wellenlängen zusammensetzt, wobei die Wellenlängen in den Spektralbereichen für dominante Erregung der drei Farbrezeptoren im menschlichen Auge liegen.

daß als Lichtquellen monochromatische Laser verwendet werden,

daß die entsprechenden Wellenlängen der beiden Halbbilder des rechten und linken Auges nicht identisch sind,

daß ein Betrachter die projizierten Halbbilder mit einer Brille betrachtet, deren Gläser als dielektrische Interferenzfilter ausgebildet sind und deren Transmissionsmaxima spektral bei den Wellenlängen der Laser der entsprechenden Halbbilder liegen.

daß durch eine hinreichende Annäherung der entsprechenden Laser-Wellenlängen sowie der entsprechenden Transmissionsmaxima der Interferenzfilter im rechten und linken Auge eine identische Farbrezeptorerregung und dadurch ein identischer Farbeindruck des rechten und linken Halbbildes entstehen.

daß durch das Ausfiltern nahezu sämtlicher Spektralanteile des Tageslichts auch in nicht abgedunkelten Räumen ein hoher Bildkontrast erzielt wird.

2. Stereoskopisches Laserprojektionsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbbilder durch eine räumliche Modulation erzeugt werden.

3. Stereoskopisches Laserprojektionsverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierten Laserstrahlen über einen dichroitischen Spiegel mit einer Dreifachbandpaß-Charakteristik vereinigt werden, wodurch eine verzerrungsfreie Abbildung der

Halbbilder erzielt wird.

4. Stereoskopisches Laserprojektionsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbbilder durch eine zeitliche Modulation und eine x, y-Scannereinheit erzeugt werden.

5. Stereoskopisches Laserprojektionsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierten Laserstrahlen über einen dichroitischen Spiegel mit einer Dreifachbandpaß-Charakteristik vereinigt werden, wodurch eine verzerrungsfreie Abbildung der Halbbilder erzielt wird.

6. Stereoskopisches Laserprojektionsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierten Laserstrahlen über ein Dispersionsprisma vereinigt werden, wodurch eine verzerrungsfreie Abbildung der Halbbilder erzielt wird.

7. Stereoskopisches Laserprojektionsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß identische Halbbilder verwendet werden, deren Projektion einen horizontalen Versatz aufweist, wodurch ein virtuelles zweidimensionales Bild entsteht, das außerhalb der Projektionsfläche zu liegen scheint.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

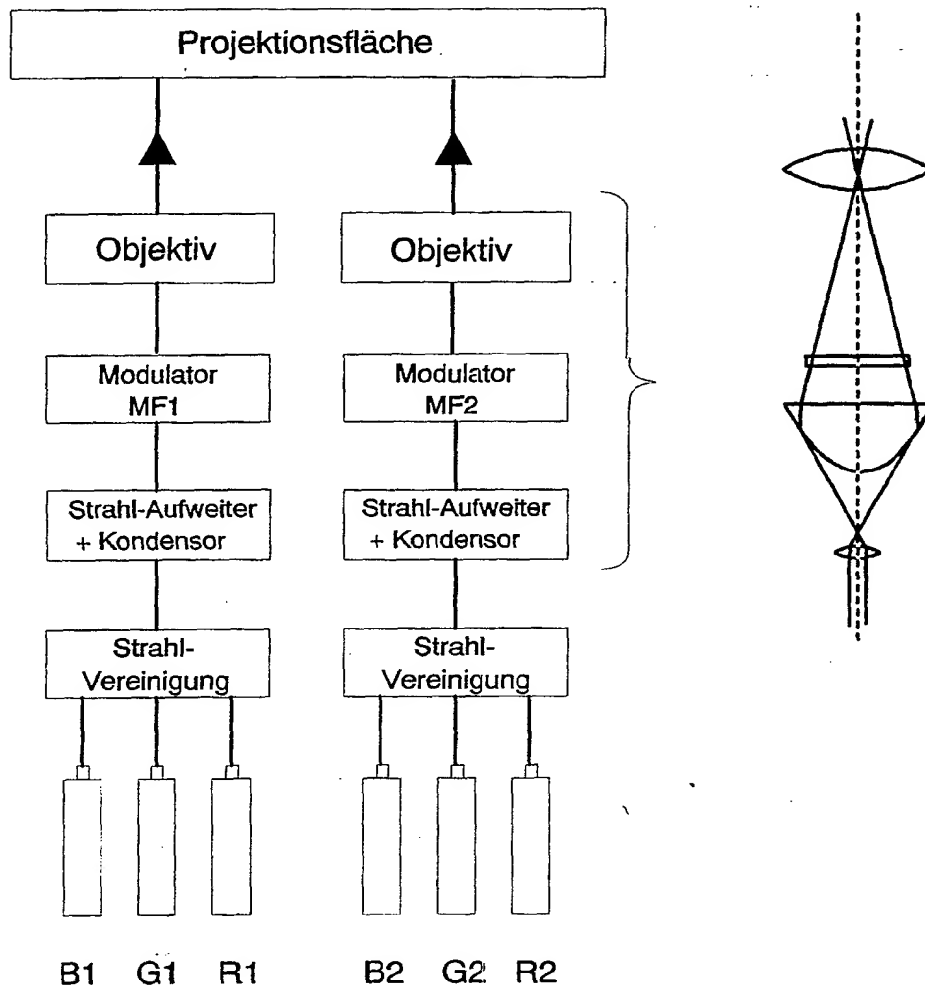


Fig. 1

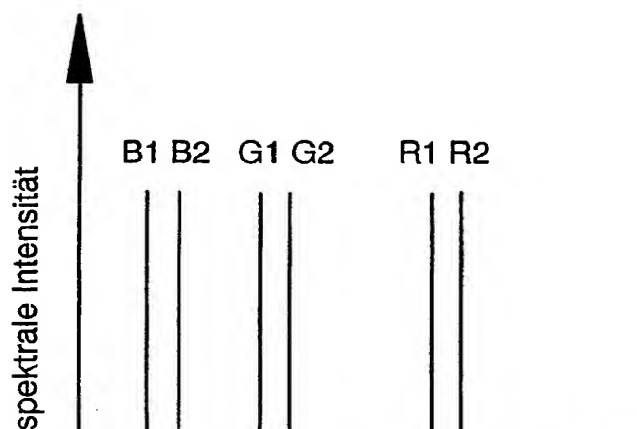


Fig. 2 a

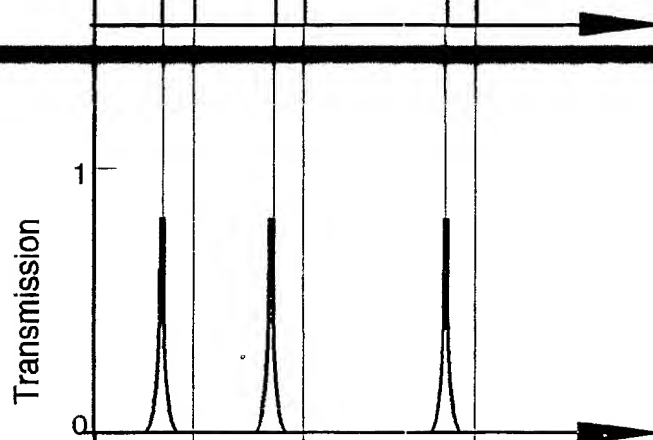


Fig. 2 b

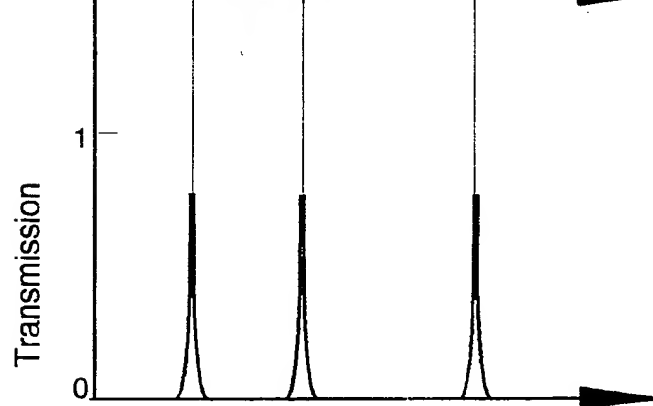


Fig. 2 c

Wellenlänge